

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-081566

(43)Date of publication of application : 21.03.2000

(51)Int.Cl.

G02B 13/00  
G02B 5/18  
G02B 13/18  
G11B 7/135

(21)Application number : 11-177546

(71)Applicant : ASAHI OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 23.06.1999

(72)Inventor : MARUYAMA KOICHI

(30)Priority

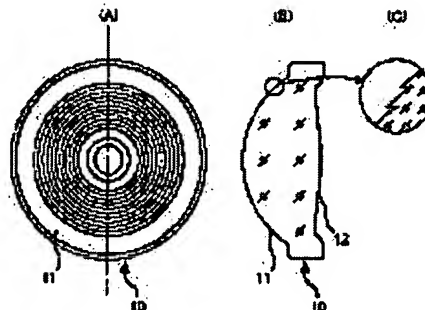
Priority number : 10218490 Priority date : 26.06.1998 Priority country : JP

## (54) OBJECT LENS FOR OPTICAL HEAD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an object lens having a high utilization efficiency of light, permitting to record and reproduce a plurality of optical information recording media which is different in protective layer thickness such as DVD and CDR by a single object lens.

**SOLUTION:** The object lens 10 a single lens made of resin with aspheric surfaces on both sides, and a diffraction lens structure of a concentric ring belt pattern is formed centering the optical axis on one lens surface 11. The diffraction lens has wavelength dependency so that diffracted light of the same order number of at least two different wavelength light fluxes forms good wavefronts respectively to at least two kinds of optical disks which is different in the thickness of the protective layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

English Abstract attached  
(Discussed at pages 1-2  
of file)  
(corresponds to US 6,112,594)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開

特開2000-8

(P2000-815

(43) 公開日 平成12年3月21日

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	予
G 0 2 B 13/00		G 0 2 B 13/00	
5/18		5/18	
13/18		13/18	
G 1 1 B 7/135		G 1 1 B 7/135	A

審査請求 未請求 請求項の数11 OL

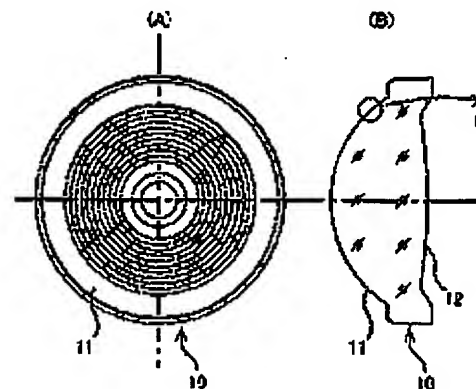
(21) 出願番号	特願平11-177546	(71) 出願人	000000527 旭光学工業株式会社 東京都板橋区前野町2丁目36
(22) 出願日	平成11年6月23日(1999.6.23)	(72) 発明者	丸山 晃一 東京都板橋区前野町2丁目36 学工業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平10-218490	(74) 代理人	100098235 弁理士 金井 英幸
(32) 優先日	平成10年6月26日(1998.6.26)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 光ヘッド用対物レンズ

(57) 【要約】

【課題】 一つの対物レンズでDVDとCD-Rのような保護層の厚さが異なる複数種類の光情報記録媒体の記録再生を可能とする光利用効率の高い光ヘッド用対物レンズを提供することを課題とする。

【解決手段】 対物レンズ10は、両面が非球面である樹脂製単レンズであり、一方のレンズ面11に光軸を中心とした輪帯状のパターンとして回折レンズ構造が形成されている。回折レンズ構造は、少なくとも2つの異なる波長の光束による同一次数の回折光が、保護層の厚さが異なる少なくとも2種類の光ディスクに対し、それぞれ良好な波面を形成するよう波長依存性を有している。



(2)

特開2000

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 正のパワーを有する屈折レンズと、該屈折レンズの少なくとも一方のレンズ面に形成された輪帯状の微細な段差を有する回折レンズ構造とを有し、前記回折レンズ構造は、少なくとも2つの異なる波長の光線による同一次数の回折光が、保護層の厚さが異なる少なくとも2種類の光ディスクに対し、それぞれ良好な波面を形成するよう波長依存性を有することを特徴とする光ヘッド用対物レンズ。

【請求項2】 前記回折レンズ構造は、短波長の回折光が保護層の薄い光ディスクに対して良好な波面を形成し、長波長の回折光が保護層の厚い光ディスクに対して良好な波面を形成するよう波長依存性を有することを特

$$-1.5 < \phi(h_{c1})/\lambda - P_2 \times (h_{c1})^2 < -7 \quad \dots(1)$$

の条件を満たすことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の光ヘッド用対物レンズ。

【請求項5】 前記屈折レンズと前記回折レンズ構造との作用を合わせた場合、入射光の波長が長波長側に变化した際に、バックフォーカスが延びる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量を $\Delta SA$ 、波長の変化に対する軸上色収差の変化量を $\Delta CA$ として、

$$-0.8 < \Delta CA / \Delta SA < -0.2 \quad \dots(2)$$

の条件を満たすことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光ヘッド用対物レンズ。

【請求項6】 前記回折レンズ構造は、近軸的に弱いパワーを有し、前記回折レンズ構造による光路長の付加量を、光軸からの高さ $h$ 、 $n$ 次(偶数次)の光路差関数係数 $P_n$ 、波長 $\lambda$ を用いて、

$$\phi(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times \lambda$$

により定義される光路差関数 $\phi(h)$ により表したとき、 $f_0 = 1 / (-P_2 \times 2 \times \lambda)$

により定義される回折レンズ構造のみの短波長側の使用波長における焦点距離 $f_0$ と、短波長側の使用波長における屈折レンズと回折レンズ構造とを合わせた全体の焦点距離 $f$ との関係が、

$$-0.020 < f / f_0 < 0.020 \quad \dots(3)$$

の条件を満たすことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の光ヘッド用対物レンズ。

【請求項7】 前記回折レンズ構造は、保護層の厚さ0.6mmの光ディスクに対して良好な波面を形成する回折光の波長を $\lambda_1$ 、保護層の厚さ1.2mmの光ディスクに対して良好な波面を形成する回折光の波長を $\lambda_2$ 、

\* 微とする請求項1に記載の光ヘッド用対

【請求項3】 前記回折レンズ構造は、長波長側に变化した際に、球面収差が補向に変化する球面収差特性を有すること、請求項2に記載の光ヘッド用対物レンズ。

【請求項4】 前記回折レンズ構造による、光軸からの高さ $h$ 、 $n$ 次(偶数次)の係数 $P_n$ 、波長 $\lambda$ を用いて、 $\phi(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots)$ により定義される光路差関数 $\phi(h)$ により、NA0.45相当の光線が回折構造の存する高さを $h_{c1}$ として、

載の光ヘッド用対物レンズ。

【請求項9】 前記光軸近傍の領域では、ズ構造のブレース化波長 $\lambda_0$ が以下の条件とを特徴とする請求項8に記載の光ヘッド。

$$0.87 < \lambda_0 / \lambda_2 \quad \dots(5)$$

$$\lambda_0 / \lambda_1 < 1.13 \quad \dots(6)$$

【請求項10】 前記回折レンズ構造のブレース化波長は、前記光軸近傍の領域ズ化波長 $\lambda_0$ より短いことを特徴とする請求9に記載の光ヘッド用対物レンズ。

【請求項11】 前記回折レンズ構造は、少なくとも光軸から有効径の85%の高さ150%の高さまでの周辺領域が段差を待た面であることを特徴とする請求項1～9に記載の光ヘッド用対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、異なる複数種類の光ディスクに対する記な光ヘッドに使用される高NA(開口数)関し、特に屈折レンズのレンズ面に回折成された対物レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスクには、保護層の複数の規格が存在する。例えば、CD(ディスク)、CD-Rの保護層の厚さは1.2mmし、DVD(デジタルバーサタイルディスク)の厚さは0.6mmである。そこで、規格が異

(3)

特開2000

3

4

録／再生が不可能となる。例えば、DVDの使用時に球面収差が矯正されるよう設計された対物レンズをCDの再生に利用すると、対物レンズを光軸方向に移動させることにより近軸的な集光位置を記録面に一致させたとしても、球面収差がオーバーになり、情報の再生は不可能となる。

【0004】そこで、保護層の厚さに応じて各光ディスクに適したレーザー光を対物レンズに入射させる光学系が、従来から知られている。たとえば、特開平7-98431号公報には、対物レンズの手前にホログラムレンズを設けて単一の半導体レーザーから発したレーザー光を0次光と1次光とに分離し、平行光である0次光を保護層の薄い光ディスク用のスポット、発散光である1次光により保護層の厚い光ディスク用のスポットを形成する技術が記載されている。上記の公報の光学系によれば、ホログラムレンズを保護層の厚さに応じて最適なレーザー光が得られるよう設計することにより、球面収差の発生を抑え、それぞれの光ディスクに関して回折限界性能を有するスポットを得ることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平7-98431号公報に記載の光学系は、レーザー光源からの光線が常に0次光と1次光とに分離され、そのいずれか一方のみを利用するため、レーザー光の利用効率は最大で40％程度にとどまる。また、一方の次数のレーザー光により情報読み出しを行うときは他の次数の光線は読み出しには寄与しない不要光となり、ノイズを増大させる。

【0006】なお、DVDの記録密度はCDより高いため、DVDの記録／再生にはCD専用の光学系よりビームスポットを小さく絞る必要がある。スポット径は波長が短いほど小さくなるため、DVDを利用する光学系では、CD専用の光学系で用いられていた780～830nmより短い635～665nmの発振波長のレーザー光源を用いる必要がある。他方、CD-Rを利用する場合には、記録面の反射特性から780nm程度の発振波長のレーザー光源を用いる必要がある。

【0007】したがって、上記の公報に開示されるような単一の半導体レーザーにより複数種の光ディスクに対応する方式では、DVDを利用するために短波長のレーザー光源を用いると、CD-Rを利用することができないという問題点がある。

\*【0008】この発明は、上述した従来鑑みなされたもので、一つの対物レンズD、CD-Rのような保護層の厚さが異なる記録／再生が可能で、かつ、光利用効率向上用対物レンズを提供することを目的とし、

【課題を解決するための手段】この発明

用対物レンズは、上記の目的を達成さ、パワーを有する屈折レンズと、その一面に常状の微細な段差を有する回折レンズ構造の回折レンズ構造に、少なくとも2つの異なる同一次数の回折光が、保護層の厚さとも2種類の光ディスクに対し、それぞれ形成するよう波長依存性を持たせたこと、

【0010】このような構成によれば、異なる2つのディスクに対し、保護層の厚さで波長を切り替えることにより、回折レ、同一次数の回折光を、それぞれの信号記、て良好なスポットを形成することができ、

【0011】さらに、上記の波長依存性、回折光が保護層の薄い光ディスクに対して、成し、長波長の回折光が保護層の厚い光、て良好な波面を形成するようにするとよ、には、回折レンズ構造は、入射光の波長、化した際に、球面収差が補正不足となる、球面収差特性を有することが好ましい、

【0012】前述のように、ディスク厚、面収差は補正過剰となる方向に変化する、のように回折レンズ構造に波長変化に対、化特性を持たせれば、保護層の厚い光デ、は発振波長の長いレーザー光源を発光さ、さの薄い光ディスクに対しては発振波長、光源を発光させることでディスク厚の違、差の変化を打ち消すことができる、

【0013】ところで、回折レンズ構造、付加量は、光軸からの高さh、n次(偶数、数係数P、波長λを用いて、

$\phi(h) = (P_1 h^2 + P_2 h^4 + P_3 h^6 + \dots)$

により定義される光路差関数 $\phi(h)$ によ、きる。ここで、発明の対物レンズは、2、係数をP、NA0.45相当の光線が回、する面を通過する高さh<sub>0</sub>として、

$$-1.5 < \phi(h_0)/\lambda - P_1 \times (h_0/\lambda)^2 < -7 \dots (1)$$

(4)

特開2000

5

る全体の焦点距離 $f$ との関係が、  
 $-0.020 < f/f_0 < 0.020$  …(3)

の条件を満たすことが望ましい。

【0016】回折レンズ構造は、保護層の厚さ0.6mmの光ディスクに対して良好な波面を形成する回折光の波長を $\lambda_1$ 、保護層の厚さ1.2mmの光ディスクに対して良好な波面を形成する回折光の波長を $\lambda_2$ として、

$0.75 < \lambda_1/\lambda_2 < 0.87$  …(4)

の条件を満たすよう設計されることが望ましい。

【0017】さらに、少なくとも光軸近傍の領域では、回折レンズ構造のブレース化波長 $\lambda_0$ が前記2つの波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の間の波長であることが望ましく、特に以下の条件(5)(6)を満足するとよい。

$0.87 < \lambda_0/\lambda_2$  …(5)

$\lambda_0/\lambda_1 < 1.13$  …(6)

【0018】また、回折レンズ面の周辺領域のブレース化波長を光軸近傍の領域におけるブレース化波長より短く設定するか、または周辺領域を、段差を持たない連続非球面形状とすることが好ましい。周辺領域とは、光軸から有効径の85%程度の高さから有効径の100%の高さまでの領域である。また、周辺領域の内側にも、短い波長でブレース化された輪帯、あるいは短い波長に対して収差補正された連続面を設けてもよい。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、この発明にかかる光ヘッド用対物レンズの実施形態を説明する。図1は、実施形態にかかる対物レンズ10を示す説明図であり、(A)は正面図、(B)は縦断面図、(C)は縦断面の一部拡大図である。この対物レンズ10は、DVD、CD、CD-R互換装置の光情報記録再生装置の光ヘッドに適用され、光源である半導体レーザーから発したレーザー光をディスク等の媒体上に収束させる機能を有している。

【0020】対物レンズ10は、非球面である2つのレンズ面11、12を有する両凸の樹脂製単レンズであり、一方のレンズ面11に図1(A)に示したように光軸を中心とした輪帯状のパターンとして回折レンズ構造が形成されている。回折レンズ構造は、フレネルレンズのように各輪帯の境界に光軸方向の段差を持つ。

【0021】図2はこの発明にかかる光ヘッド用対物レンズを使用した光ヘッドの光学系の説明図である。この光学系は、DVD用モジュール21、CD用モジュール22、ビームコンバイナ23、コリメートレンズ24、対物レンズ10で構成されている。各モジュール21、

6

「薄層型光ディスク」という)のうち、少くRを使用するためには、その分光反射率が80nm近傍の近赤外光が必要となる。用モジュール21は、発振波長635nmの半導体レーザーを備え、CD用モジュール22は、発振波長780nmの半導体レーザーを備え、

【0023】薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>(す)の使用時には、DVDモジュール21の半導体レーザーの波長635nmまたは650nmのレーザ光で示したように薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>の記録面に集光する。他方、厚保護層型光ディスクD<sub>2</sub>(す)の使用時には、CDモジュール22の半導体レーザーの波長780nmのレーザ光は、図中のように厚保護層型光ディスクD<sub>2</sub>の情報記録面に集光する。

【0024】対物レンズ10に形成される回折レンズ構造は、所定の次数の回折光、実施形態でいう短波長(635nmまたは650nm)の薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>に対して良好な波長波長(780nm)においては厚保護層型光ディスクD<sub>2</sub>に対して良好な波面を形成するよう波長を設計されている。具体的には、入射波長側に変化した際に、球面収差が補正に変化する球面収差特性を有している。

【0025】光ディスク光学系の球面収差が厚になるとより補正過剰となる方向、薄保護層型ディスクD<sub>1</sub>については短波長型光ディスクD<sub>1</sub>については長波長の光を集光する。以下、図1を参照して説明する。

【0026】そこで、上記のように回折波長が長波長に変化した場合に球面収差が長波長側に変化する特性を持たせることにより補正過剰となる球面収差を、回折波長不足方向の球面収差を利用して打ち消す。なお、夫々のディスクの信号記録面に集光させるためのフォーカシングは、対物レンズ10を光軸方向に移動させる焦点位置調整機構を用いて行う。

【0027】回折レンズ構造による光路長の変化は、光軸からの高さ $h$ 、 $n$ 次(偶数次)の光路長 $n$ 、波長 $\lambda$ を用いて

(5)

特開2000

7

8

は2次の項の係数 $P_2$ が負の時に近軸的に正のパワーを持ち、4次の項の係数 $P_4$ が正の時に周辺に向かって負のパワーが漸増することとなる。

【0028】実際のレンズの微細形状は、 $\phi(h)$ で表わされる光路長から波長の整数倍の成分を消去したフレネルレンズ状の光路長付加量 $\phi'$ を持つように決定する。

$$\phi'(h) = (\text{MOD}(P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots + \text{Const}, 1) - \text{Const}) \times \lambda,$$

$\lambda_0$ は微細段差が1波長分の光路長差を与える波長(ブレース化波長)であり、回折効率を最大にする波長にな

$$1.5 < \phi(h_{1.5})/\lambda - P_2 \times (h_{1.5})^2 < -7 \quad \dots(1)$$

の条件を満たすよう設計されている。

【0030】この条件を満たす場合には、ディスクの保護層の厚さの違いによる球面収差の変化を、回折レンズの波長変化による球面収差の変化により良好に打ち消すことができる。条件(1)の下限を下回る場合には、波長変化による球面収差の変化が過剰となる。半導体レーザーの発振波長には $\pm 5 \text{ nm}$ 程度の個体差があるため、波長変化による球面収差の変化が過剰であると、基準となる波長から発振波長がずれた半導体レーザーを用いることができず、半導体レーザーの選別が必要になり、歩留まりを悪化させる。したがって、回折レンズ構造の波長変化による球面収差補正効果は、若干不足する程度が好ましい。

【0031】また、条件(1)の上限を越える場合には、波長変化による球面収差の変化が過小となり、ディスクの保護層の厚さの違いによる球面収差の変化を十分に打ち消すことができなくなる。なお、半導体レーザーに発振波長 $780 \text{ nm}$ のものと $635 \text{ nm}$ から $665 \text{ nm}$ の間の発振波長のものを選んだ場合、回折レンズ構造で適度な球面収差を発生させるためには、条件(1)の値は $-1.1$ 程度が最も好ましい。

【0032】ところで、半導体レーザーの発振波長は、温度変化によって変化する。対物レンズが軸上色収差を持つ場合、半導体レーザーの波長の変化により焦点位置が変化する。ただし、この変化は緩やかであるため、光ヘッドのフォーカシング機構により補正することができる。一方、光記録装置における書き込み動作時には、レーザー出力の変化に伴って半導体レーザーの発振波長が急激に変化する。出力変化による焦点位置の変化は、焦点調節機構を用いても完全には対応することができない。したがって、対物レンズの側で波長変動による焦点位置の変化を抑えることが望ましい。

る。定数項Constは輪帯の境界位置の位相数であり、 $0 \leq \text{Const} < 1$ の範囲で任意の $(X, Y)$ は $X$ を $Y$ で割った剰余を与える関数 $(P_2 h^2 + P_4 h^4 + \dots + \text{Const}, 1)$ の値が0に等しい帯の境になる。屈折レンズのレンズ面での上に、 $\phi'(h)$ の光路差を持つように、設定する。

【0029】ここで、実施形態の対物レンズA0.45相当の光線が回折構造の存在する高さ $h_{1.5}$ として、

の間でバランスをとる必要がある。

【0034】このため、実施形態では、回折レンズ構造との作用を合わせた場合、長波長側に变化した際に、バックフォー向に変化するような軸上色収差特性を有するマージナル光線の球面収差の変軸上色収差の変化量を $\Delta CA$ として、

$$-0.8 < \Delta CA / \Delta SA < -0.2$$

20 の条件を満たすよう設計されている。

【0035】条件(2)は、例えば波長がシフトして近軸焦点が波長変化前よりレンズ位置に移動した際に、マージナル光線により変化前よりレンズに近づいた位置に移動している。変化前の波長で球面収差がほぼ0と想定すると、変化前の波長での近軸焦点として、変化後の波長での近軸焦点は同一位置、変化後の波長でのマージナル光線はレンズに近い位置にそれぞれ位置することによって、近軸焦点からマージナル光線による均した最適書き込み位置の変化は比較的小さい。

【0036】さらに、急激な波長シフトによる書き込み位置の移動量を小さく抑えるため、レンズ10は、2次の光路差関数係数 $P_2$ を用いて $f_0 = 1 / (-P_2 \times 2 \times \lambda)$ により、レンズ構造のみの短波長側の使用波長に $f_0$ と、短波長側の使用波長における屈折率 $n$ とを合わせた全体の焦点距離 $f$ が $-0.020 < f / f_0 < 0.020$ の条件を満たすよう設計されている。

【0037】条件(3)は、軸上色収差の補正を、回折レンズの分散は、屈折レ

とのバランスをとりつつ、波長の急激なシフトによる最適書き込み位置の変化を小さく抑えることができる。

【0038】2つの入射させるレーザー光の波長は、薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>に使用するレーザー光の波長を $\lambda_1$ 、厚保護層型光ディスクD<sub>2</sub>に使用するレーザー光の波長を $\lambda_2$ として、

$$0.75 < \lambda_1 / \lambda_2 < 0.87 \quad \dots (4)$$

の条件を満たすように選択される。

【0039】(4)の条件は回折レンズ構造で球面収差を十分に発生させるための条件である。2つの波長の比率が回折構造の段差1段あたりの波面収差付与量に相当する。たとえば2つの波長を650nmと780nmに選んだ場合、650nmの収差付与量を基準として、780nmではさらに1段あたり $(780 - 650) / 780 = 0.1666$ の波面収差が付け加わることになる。このため(4)式の上限を越えて $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の差が小さくなると、所定の波面収差を与えるために必要な回折構造の段差数が多くなり、段差のエッジ部による光量損失が大きくなる。また単位波長シフトあたりの球面収差変化量が大きくなりすぎるため、半導体レーザーの個体差による発振波長の違いで許容量を超える球面収差が変化してしまいレーザーを発振波長で選別しなければならなくなる。一方、下限を越えて $\lambda_1 / \lambda_2$ が小さくなると、両波長の差が大きくなりすぎ、回折効率の平均値が低下する。

【0040】回折効率を最大にするブレース化波長 $\lambda_b$ は、微細構造の設計時に選択でされる。光軸近傍領域のブレース化波長 $\lambda_b$ は、回折効率の平均値を高くするため、2つの波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の間の波長に設定される。このような設定によれば、例えば $\lambda_1$ を635nm、 $\lambda_2$ を780nmとすれば、ブレース化波長をこれら波長間のいずれの値に設定しても、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ における回折効率を約90%以上に保つことができる。

【0041】図27は、ブレース化波長 $\lambda_b$ を635nmに選択した場合、690nmに選択した場合、710nmに選択した場合の回折効率を示すグラフである。いずれの場合にも、635nm、780nmにおける回折効率は約90%以上となっている。したがって、特開平7-98431号公報に記載の2つの回折次数を使った場合の40%ほどの効率よりは十分に高い光利用効率になる。

【0042】なお、実施形態の対物レンズ10は、回折効率をより高めるため、以下の条件(5)・(6)を満たす

足するような2つの波長の中間の値を取らるの波長に対しても95%程度の回折効率が可能になる。

【0044】また、回折レンズ面の周辺部の段差を決定するブレース化波長 $\lambda_b$ に対してブレース化された回折面とされる。を持たない連続非球面とされる。ここで、光軸から有効径の85%の高さから有効さまでの領域である。CDやCD-Rの0.50あれば十分で、DVD用のNAにある有効口径の周辺領域はCD用にはばりてなく逆に光束が絞られすぎ記録再生することもある。このため周辺領域はDV正された面とすることが望ましい。周辺化波長を中心部より短くすれば、CD、レーザー光の回折効率が低下し、DVD用回折効率が向上する。また、周辺領域をVD用に収差補正することにより、周辺のレーザー光を良好に集光させるよう機

【0045】なお、正の屈折レンズの球面が上昇するにしたがって屈折率が低下し、正過剰となる方向に変化する。一方、半発振波長は、温度が上昇するにしたがって、上記のように回折レンズ構造なるにしたがって球面収差が補正不足と性をもたせることにより、温度変化によるレンズの屈折率の変化に起因する球面収差変化による半導体レーザーの発振波長、回折レンズ構造の球面収差の変化により打たれる。このため、対物レンズを温度の上、下する樹脂で作った場合、最周辺部までを設けたままとしておくことが好ましい。合でもDVD用の光束の回折効率が上が、厚さはDVD用の短い波長に対して最適ましい。

【0046】

【実施例】次に、上述した実施形態に基づいて実施例を6例提示する。いずれも保護層の1mmのディスクを利用するDVDと、保護層2mmのディスクを利用するCD、CD-R、CD-RW、DVD-R等の光ヘッド用の対物レンズである。なお、4では光源側となる第1面に回折レンズがあり、実施例5と6では光ディスクの



(7)

特開2000

11

12

番号3、4が媒体であるディスクの保護層を示している。表中、NAは開口数、 $f$ は全体の焦点距離(単位:mm)、 $f_0$ は回折レンズ構造の短波長側の使用波長における焦点距離(単位:mm)、 $\omega$ は半固角(単位:degree)、 $\lambda_1$ は薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>使用時の波長(単位:mm)、 $\lambda_2$ は厚保護層型光ディスクD<sub>2</sub>使用時の波長(単位:mm)、 $h_{12}$ は回折レンズ構造の存在する面でのNA0.45に相当する光線の通過高さ(単位:mm)、 $\lambda_0$ はブレース化波長、 $r$ はレンズ各面の巨視的な近軸曲率半径(単位:mm)、 $d_1$ は薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>使用時のレンズ厚またはレンズ間隔(単位:mm)、 $d_2$ は厚保護層型光ディスクD<sub>2</sub>使用時のレンズ厚またはレンズ間隔(単位:mm)、 $n_{\lambda}$ は各レンズの波長 $\lambda$  nmでの屈折率、 $\nu$ は各レンズのアッペ数である。

【0048】また、対物レンズ10の第1面11のベキ\*

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 650\text{nm} \quad \text{NA } 0.60 \quad f=3.30\text{mm} \quad f_0=330.53\text{mm} \quad \omega=1.0 \quad h_{12}=1.49\text{mm} \quad (\text{第1面}) \\ \lambda_2 &= 780\text{nm} \quad \text{NA } 0.45 \quad f=3.32\text{mm} \quad \omega=1.0 \\ \lambda_0 &= 710\text{nm} \end{aligned}$$

面番号	r	d1	d2	n650	n780	$\nu$
1	2.117	2.400	2.400	1.54082	1.53677	55.6
2	-7.254	1.592	1.222			
3	$\infty$	0.600	1.200			
4	$\infty$					

【0050】

【表2】

	第1面	第2面
K	-0.4400	0.0000
$A_4$	$-0.2660 \times 10^{-3}$	$0.1882 \times 10^{-3}$
$A_6$	$-0.8470 \times 10^{-3}$	$-0.5235 \times 10^{-3}$
$A_8$	$0.8800 \times 10^{-4}$	$0.3275 \times 10^{-3}$
$A_{10}$	$-0.7500 \times 10^{-5}$	$0.3235 \times 10^{-4}$
$A_{12}$	$-0.5200 \times 10^{-5}$	0.0000
$P_1$	-2.3272	
$P_3$	-1.5289	
$P_5$	$-5.5184 \times 10^{-1}$	
$P_7$	$1.5292 \times 10^{-1}$	
$P_{11}$	$-1.6178 \times 10^{-2}$	

【0051】図4は実施例1の対物レンズの薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>に対応する第1の波長 $\lambda_1$ での諸収差を示す。図4(A)は波長650nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SC、(B)は650nm、645nm、655nmの各波長の球面収差で表される色収差、(C)は非点収差(S:サジタル M:メリディオナル)を示している。グラフ(A)、

\*ス面(回折レンズ構造を除く屈折レンズとよび第2面12は非球面であり、その形高さが $h$ となる非球面上の座標点の非球接平面からの距離(サグ量)を $X(h)$ 、非球の曲率( $1/r$ )を $C$ 、円錐係数を $K$ 、4次、10次、12次の非球面係数を $A_4, A_6, A_8$ で、以下の式で表される。

$$X(h) = Ch^2 / (1 + \sqrt{1 - (1+K)C^2 h^2}) + A_4 h^4 + A_{10} h^{10} + A_{12} h^{12}$$

なお、表1における非球面の曲率半径は、径である。非球面を規定する円錐係数と、回折レンズ構造を規定する光路差関

【0049】

【表1】

は入射光の長波長側へのシフトにより、スグが延びる方向となる。なお、マージナ差の変化量 $\Delta SA$ は、655nmのグラフをそのグラフの下端に重なる位置まで平行移動の上端と、650nmのグラフの上端とされる。そして、これらが前記の条件(2)より、波長変化後(655nm)にグラフが変位を基準とする縦軸と交差することとなり、よる最適書き込み位置の変化が比較的小る。

【0053】なお、上記の実施例1の数1径の全域にわたり、710nmにブレース化ス構造が形成されている。これに対して、造が形成されたレンズ面の周辺領域を薄スクD<sub>1</sub>に対して最適化することができる対物レンズの有効半径は $f=3.3\text{mm}$ 、NA0.1れに対して厚保護層型光ディスクに必要: $f=3.32\text{mm}$ 、NA0.45で1.49mmである。した:径の75.5%より外側が周辺領域とな

【0054】周辺領域を薄保護層型光デ

(8)

特開2000

13

14

一の第16輪帯となり、その形状は以下の係数で表される回転対称非球面となる。

【0055】

【表3】

$$r = 2.09903$$

$$K = -0.44$$

$$A_4 = -8.73 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.26 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -6.17 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 6.67 \times 10^{-6}$$

$$A_{12} = -6.20 \times 10^{-6}$$

$$\Delta = -0.01923$$

【0056】ただし、 $\Delta$ は光軸上のレンズ面に対する、\*

$$\lambda_1 = 635\text{nm} \quad \text{NA } 0.60 \quad f = 3.50\text{mm} \quad f_0 = 350.00\text{mm} \quad \omega = 1.0 \quad h_{11} = 1.58\text{mm} \quad (\text{第1面})$$

$$\lambda_2 = 780\text{nm} \quad \text{NA } 0.50 \quad f = 3.52\text{mm} \quad \omega = 1.0$$

$$\lambda_3 = 690\text{nm}$$

面番号	r	d1	d2	n635	n780	v
1	2.278	2.928	2.928	1.54142	1.53677	55.6
2	-6.508	1.521	1.153			
3	$\infty$	0.600	1.200			
4	$\infty$					

【0059】

【表5】

	第1面	第2面
K	-0.4400	0.0000
$A_4$	$-0.1880 \times 10^{-3}$	$0.2349 \times 10^{-1}$
$A_6$	$-0.3510 \times 10^{-3}$	$-0.7437 \times 10^{-3}$
$A_8$	$0.8900 \times 10^{-5}$	$0.8432 \times 10^{-3}$
$A_{10}$	$-0.1250 \times 10^{-5}$	$0.1949 \times 10^{-4}$
$A_{12}$	$-0.3860 \times 10^{-5}$	0.0000
$P_1$	-2.2497	
$P_4$	-1.1709	
$P_6$	$-3.3665 \times 10^{-1}$	
$P_8$	$1.1948 \times 10^{-1}$	
$P_{10}$	$-1.9838 \times 10^{-2}$	

【0060】なお、上記の実施例2の数値例では、有効径の全域にわたり、690nmにブレイズ化された回折レンズ構造が形成されている。これに対して、回折レンズ構造が形成されたレンズ面の周辺領域を薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>に対して最適化することができる。実施例2の対物レンズの有効半径はf=3.5mm、NA0.6で2.1mm、これに対して厚保護層型光ディスクに必要な有効半径は、f=※

$$\lambda_1 = 635\text{nm} \quad \text{NA } 0.60 \quad f = 3.50\text{mm} \quad f_0 = \infty \quad \omega = 1.0 \quad h_{11} = 1.58\text{mm} \quad (\text{第1面})$$

\*周辺追続面の光軸方向の面のシフト量を：【0057】

【実施例2】図7は、実施例2にかかる：

とを示し、図9は実施例2の対物レン：

層型光ディスクD<sub>1</sub>とを示す。実施例2の

構成は表4に示されている。第1面、第

数、非球面係数、第1面に形成された回：

表す光路差関数係数は表5に示される。1

の $\lambda_1$ が630nmの場合の対物レンズの諸収：

10、 $\lambda_2$ が780nmの場合の対物レンズの諸収差を：

【0058】

【表4】

※3.52mm、NA0.50で1.75mmである。したがの83.8%より外側が周辺領域となる。

【0061】周辺領域を薄保護層型光デ

して最適化するためには、周辺領域の回：

635nmに対してブレイズ化するが、周辺

レンズ構造を形成せず、635nmに対して収差

続面とすることができる。

【0062】

30 【実施例3】図11は、実施例3にかか

0と薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>とを示し、

例3の対物レンズ10と厚保護層型光デ

示す。実施例3の具体的な数値構成は表

る。第1面、第2面の円係数、非球面

形成された回折レンズ構造を表す光路差

に示される。図12は実施例3の $\lambda_1$ が6

の対物レンズの諸収差、図14は $\lambda_2$ が

物レンズの諸収差を示す。

【0063】

40 【表6】

15

【0064】

【表7】

	第1面	第2面
K	-0.4400	0.0000
$A_4$	$-0.1800 \times 10^{-2}$	$0.1748 \times 10^{-1}$
$A_6$	$-0.1500 \times 10^{-2}$	$-0.4844 \times 10^{-8}$
$A_8$	$-0.9100 \times 10^{-4}$	$0.5863 \times 10^{-8}$
$A_{10}$	$0.1150 \times 10^{-4}$	$-0.2529 \times 10^{-4}$
$A_{12}$	$-0.9860 \times 10^{-5}$	0.0000
$P_1$	0.0	
$P_4$	-1.2621	
$P_6$	$-1.4187 \times 10^{-1}$	
$P_8$	$2.7738 \times 10^{-1}$	
$P_{10}$	$-5.6149 \times 10^{-2}$	

【0065】なお、上記の実施例3の数値例では、有効径の全域にわたり、690nmにブレース化された回折レンズ構造が形成されている。これに対して、回折レンズ構造が形成されたレンズ面の周辺領域を薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>に対して最適化することができる。実施例3の対物レンズの有効半径は $f=3.5\text{mm}$ 、NA0.6で2.1mm、これ

に対して厚保護層型光ディスクに必要な有効半径は、 $f=*$

$$\lambda_1=650\text{nm} \quad \text{NA } 0.60 \quad f=3.50\text{mm} \quad f_0=\infty$$

$$\lambda_2=780\text{nm} \quad \text{NA } 0.50 \quad f=3.53\text{mm}$$

$$\lambda_3=710\text{nm}$$

面番号	r	d1	d2	n650	n780	$\nu$
1	2.193	2.300	2.300	1.54082	1.53677	55.6
2	-8.740	1.831	1.471			
3	$\infty$	0.600	1.200			
4	$\infty$					

【0069】

【表9】

	第1面	第2面
K	-0.4400	0.0000
$A_4$	$-0.2530 \times 10^{-2}$	$0.1316 \times 10^{-1}$
$A_6$	$0.2110 \times 10^{-2}$	$0.3070 \times 10^{-8}$
$A_8$	$-0.3630 \times 10^{-4}$	$-0.3534 \times 10^{-2}$
$A_{10}$	$0.8400 \times 10^{-6}$	$0.9045 \times 10^{-9}$
$A_{12}$	$-0.5800 \times 10^{-5}$	0.0000
$P_1$	0.0	
$P_4$	-1.3766	
$P_6$	$-2.0032 \times 10^{-1}$	
$P_8$	$3.7560 \times 10^{-1}$	
$P_{10}$	$-1.0539 \times 10^{-2}$	

(9)

特開2000

16

\* 3.53mm NA0.50で1.765mmである。したがって径の84.0%より外側が周辺領域となる。

【0066】周辺領域を薄保護層型光ディスクとして最適化するためには、周辺領域の回折635nmに対してブレース化するか、周辺領域に回折構造を形成せず、635nmに対して収差補正面とすることができる。

【0067】

【実施例4】図15は、実施例4にかかる図1と薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>とを示し、例4の対物レンズ1と厚保護層型光ディスクを示す。実施例4にかかる対物レンズと実施例4の具体的な数値構成は表8に示す。面、第2面の円錐係数、非球面係数、第1回折レンズ構造を表す光路差関数係数 $i$ 。図16は実施例4の $\lambda_1$ が650nmの場合の諸収差、図18は $\lambda_1$ が780nmの場合の収差を示す。

【0068】

【表8】

$$\omega=1.0' \quad h_{11}=1.58\text{mm} \quad (\text{第1面})$$

$$\omega=1.0'$$

30\*同様、有効半径の84.0%より外側がある。そこで、周辺領域の回折レンズ構造でブレース化するか、周辺領域には回折構造せず、650nmに対して収差補正された面とすることができる。

【0071】

【実施例5】図19は、実施例5にかかる図1と薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>とを示し、例5の対物レンズ1と厚保護層型光ディスクを示す。実施例5の具体的な数値構成は表40にある。第1面、第2面の円錐係数、非球面に形成された回折レンズ構造を表す光路差11に示される。図20は実施例5の $\lambda_1$ の対物レンズの諸収差、図22は $\lambda_1$ が7

(10)

特開2000

17

18

 $\lambda_1 = 690\text{nm}$ 

面番号	r	d1	d2	n635	n780	$\nu$
1	2.199	1.930	1.930	1.54142	1.53677	55.6
2	-9.484	2.042	1.585			
3	$\infty$	0.600	1.200			
4	$\infty$					

【0073】

【表11】

	第1面	第2面
K	-0.4400	0.0000
$A_4$	$-0.9330 \times 10^{-3}$	$0.1600 \times 10^{-1}$
$A_6$	$-0.3370 \times 10^{-4}$	$-0.2886 \times 10^{-8}$
$A_8$	$-0.5210 \times 10^{-4}$	$0.1721 \times 10^{-8}$
$A_{10}$	$0.7400 \times 10^{-6}$	$0.2300 \times 10^{-6}$
$A_{12}$	$-0.3100 \times 10^{-5}$	0.0000
$P_1$		0.0
$P_4$		-5.2894
$P_6$		$9.8690 \times 10^{-1}$
$P_8$		$-5.9940 \times 10^{-1}$
$P_{10}$		$1.8211 \times 10^{-4}$

【0074】なお、上記の実施例5の数値例では、有効径の全域にわたり、690nmにブレイズ化された回折レンズ構造が形成されている。これに対して、回折レンズ構造が形成されたレンズ面の周辺領域を薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>に対して最適化することができる。実施例3と \*

$\lambda_1 = 650\text{nm}$  NA 0.60  $f = 3.50\text{mm}$   $f_0 = 202.10\text{mm}$   $\omega = 1.0$   $h_{11} = 1.23\text{mm}$  (第2面)  
 $\lambda_2 = 780\text{nm}$  NA 0.50  $f = 3.53\text{mm}$   $\omega = 1.0$   
 $\lambda_3 = 710\text{nm}$

面番号	r	d1	d2	n650	n780	$\nu$
1	2.207	1.930	1.930	1.54082	1.53677	55.6
2	-10.056	2.042	1.585			
3	$\infty$	0.600	1.200			
4	$\infty$					

【0077】

【表13】

	第1面	第2面
K	-0.4400	0.0000
$A_4$	$-0.8170 \times 10^{-3}$	$0.1600 \times 10^{-1}$
$A_6$	$-0.3070 \times 10^{-4}$	$-0.2930 \times 10^{-8}$
$A_8$	$-0.4850 \times 10^{-4}$	$0.1875 \times 10^{-8}$
$A_{10}$	$0.6320 \times 10^{-6}$	$-0.1225 \times 10^{-6}$
$A_{12}$	$-0.2820 \times 10^{-5}$	0.0000
$P_1$		-0.8033

\*同様、有効半径の84.0%より外側が、そこで、周辺領域の回折レンズ構造でブレイズ化するか、周辺領域には回折成せず、635nmに対して収差補正された造とができる。

【0075】

【実施例6】図23は、実施例6にか、0と薄保護層型光ディスクD<sub>1</sub>とを示し、例6の対物レンズ10と厚保護層型光デ示す。実施例6の具体的な数値構成は表いる。第1面、第2面の円錐係数、非球に形成された回折レンズ構造を表す光路13に示される。図24は実施例6の、20の対物レンズの諸収差、図26は $\lambda_2$ が対物レンズの諸収差を示す。

【0076】

【表12】

ズ構造が形成されている。これに対して、造が形成されたレンズ面の周辺領域を薄スクD<sub>1</sub>に対して最適化することができる。同様、有効半径の84.0%より外側が、そこで、周辺領域の回折レンズ構造でブレイズ化するか、周辺領域には回折成せず、650nmに対して収差補正された造とができる。

【0079】以下の表13は、前述した(2)、(3)、(4)、(5)、(6)と

19

(11)

特開2000

20

回折レンズに2つの波長を用いても回折効率の低下を最小限度に抑えることができる。 \* 【0080】

\* 【表14】

	条件(1)	条件(2)	条件(3)	条件(4)	条件(5)	条件(6)
実施例1	-10.5	-0.36	0.010	0.833	0.910	1.092
実施例2	-9.7	-0.26	0.010	0.814	0.885	1.087
実施例3	-9.4	-0.50	0.000	0.814	0.885	1.087
実施例4	-10.2	-0.43	0.000	0.833	0.910	1.092
実施例5	-9.2	-0.78	0.000	0.814	0.885	1.087
実施例6	-9.3	-0.47	0.017	0.833	0.910	1.092

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、保護層の厚さの違いに起因する球面収差の変化を、回折レンズ構造の球面収差の変化により打ち消すことができ、光利用効率の高い光ヘッド用の対物レンズを単一のレンズで提供することができる。したがって、この発明をDVD、CD-R互換系に適用した場合には、対物レンズ周りの可動部分を少なくでき装置のコンパクト化、高速化がはかれる。

【0082】回折レンズ構造が条件(1)を満たすよう設計されている場合には、保護層の厚さの違いに起因する球面収差の変化を、回折レンズの波長変動による球面収差の変化により良好に打ち消すことができ、特に保護層の厚さが厚い場合に長波長の半導体レーザーを用いることができるようになる。

【0083】また、回折レンズ構造が条件(2)を満たすよう設計されている場合、回折レンズ構造が条件(3)を満たすよう設計されている場合には、レーザーの波長が急激に変化した場合にも、近軸焦点からマージナル光線による焦点までを平均した最適書き込み位置の変化を比較的小さく抑えることができる。

【0084】さらに、使用する波長と回折レンズ構造を決定する波長を条件(4)(5)(6)を満たすように設定されている場合には、回折構造の形状や波長依存性の回折効率の低下を小さく抑えられる。また周辺領域の形状をNAの大きな側にあわせて決定することによっても半導体レーザーの光量の有効利用ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態にかかる対物レンズの外形を示す説明図であり、(A)は正面図、(B)は縦断面図、(C)は縦断面の一部拡大図である。

【図2】 実施形態にかかる対物レンズを使用した光ピックアップ装置の光学系の説明図である。

【図3】 実施例1の対物レンズと薄保護層型光ディスク

10 【図7】 実施例2の対物レンズと薄保護層を示すレンズ図である。

【図8】 実施例2の対物レンズの薄保護層使用時の諸収差図である。

【図9】 実施例2の対物レンズと厚保護層を示すレンズ図である。

【図10】 実施例2の対物レンズの厚保護層使用時の諸収差図である。

【図11】 実施例3の対物レンズと薄保護層を示すレンズ図である。

20 【図12】 実施例3の対物レンズの薄保護層使用時の諸収差図である。

【図13】 実施例3の対物レンズと厚保護層を示すレンズ図である。

【図14】 実施例3の対物レンズの厚保護層使用時の諸収差図である。

【図15】 実施例4の対物レンズと薄保護層を示すレンズ図である。

【図16】 実施例4の対物レンズの薄保護層使用時の諸収差図である。

30 【図17】 実施例4の対物レンズと厚保護層を示すレンズ図である。

【図18】 実施例4の対物レンズの厚保護層使用時の諸収差図である。

【図19】 実施例5の対物レンズと薄保護層を示すレンズ図である。

【図20】 実施例5の対物レンズの薄保護層使用時の諸収差図である。

【図21】 実施例5の対物レンズと厚保護層を示すレンズ図である。

40 【図22】 実施例5の対物レンズの厚保護層使用時の諸収差図である。

【図23】 実施例6の対物レンズと薄保護層を示すレンズ図である。

特開2000

22

(12)

21

る。

【符号の説明】

10 対物レンズ

11 第1面

12 第2面

D<sub>1</sub> 薄保護層型光ディスク\* D<sub>2</sub> 厚保護層型光ディスク

21 DVD用モジュール

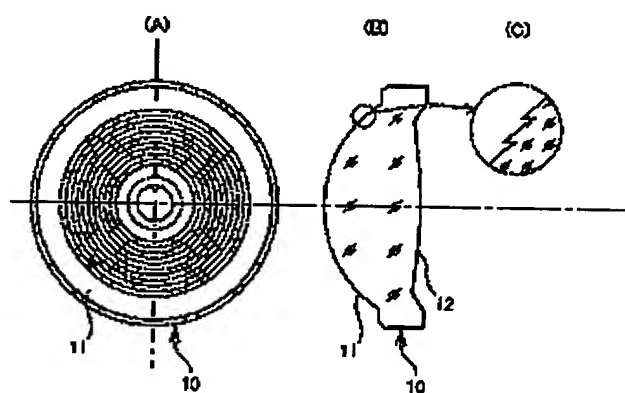
22 CD用モジュール

23 ビームコンバイナ

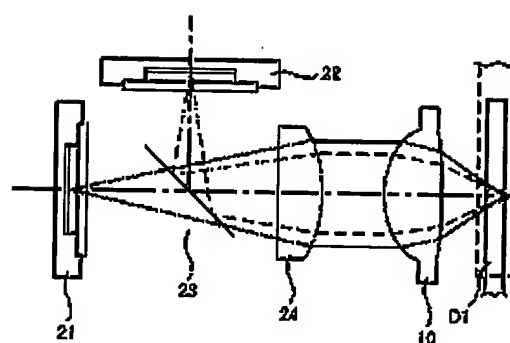
24 コリメートレンズ

\*

【図1】

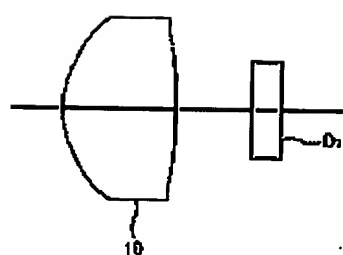


【図2】

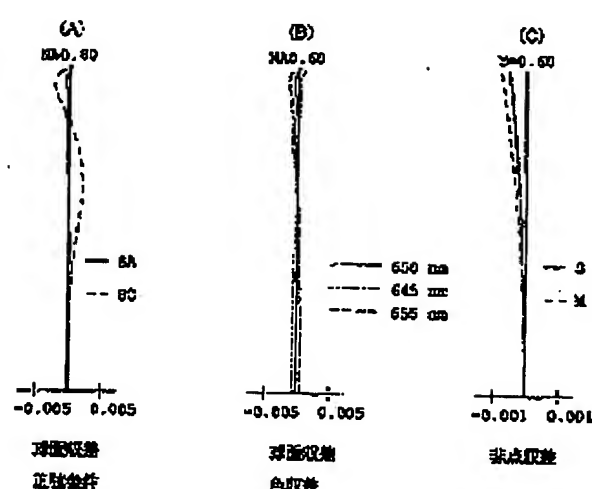


【図5】

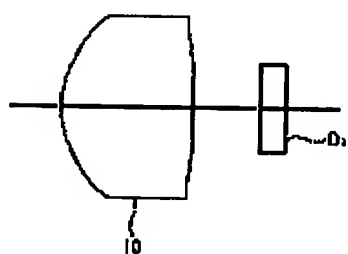
【図3】



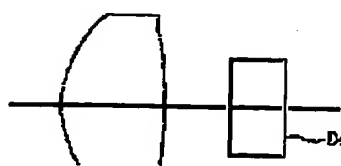
【図4】



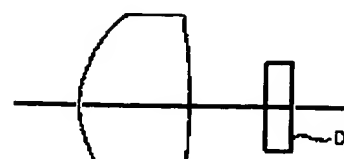
【図7】



【図9】



【図11】

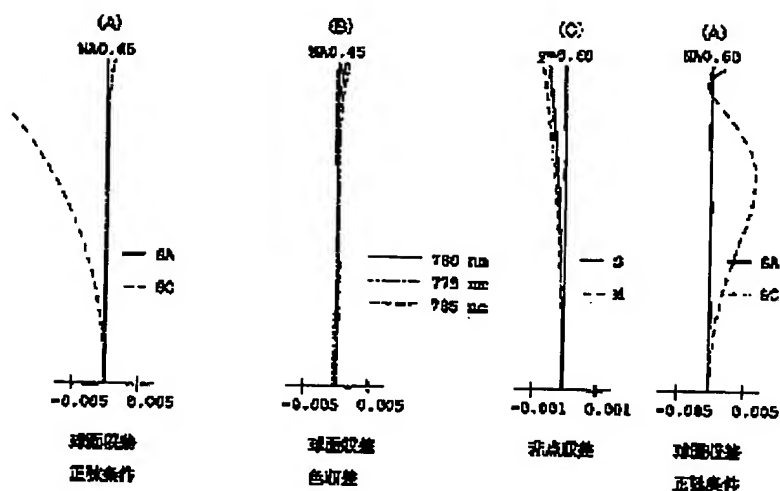


【図15】

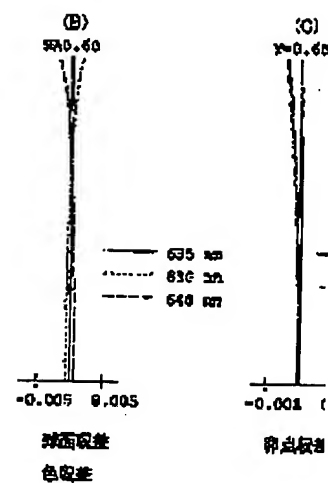
(13)

特開2000

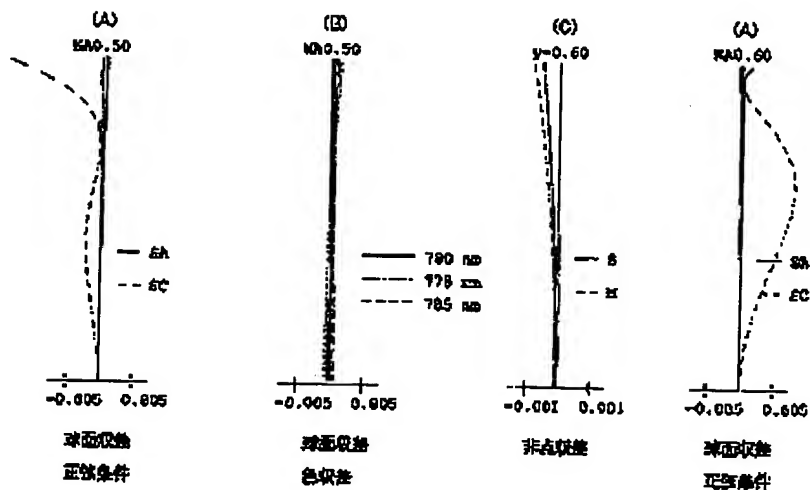
【図6】



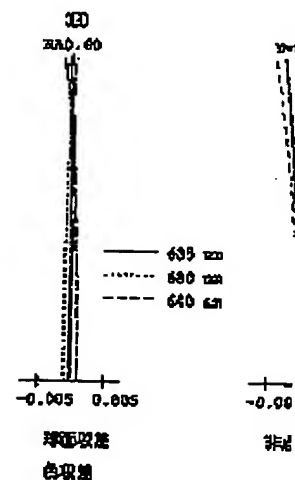
【図8】



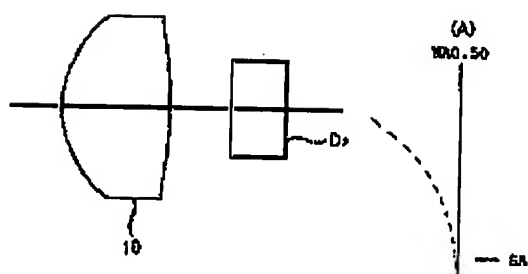
【図10】



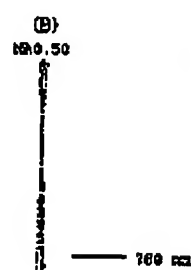
【図12】



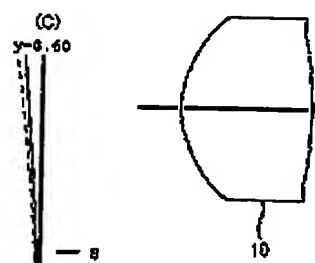
【図13】



【図14】



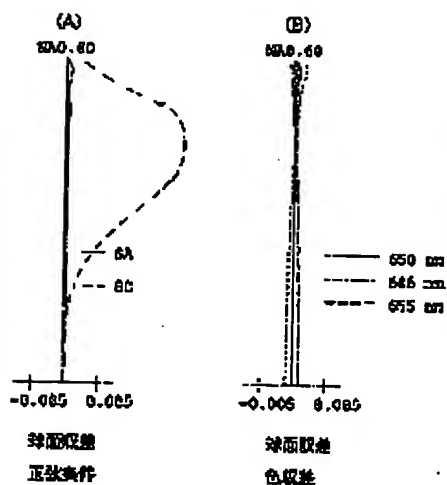
【図1】



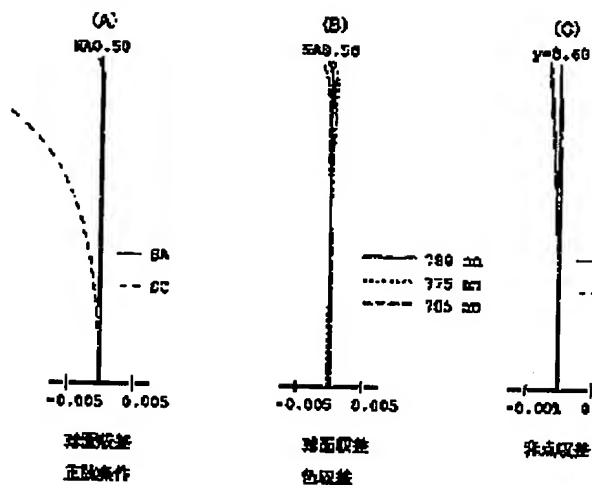
(14)

特開2000

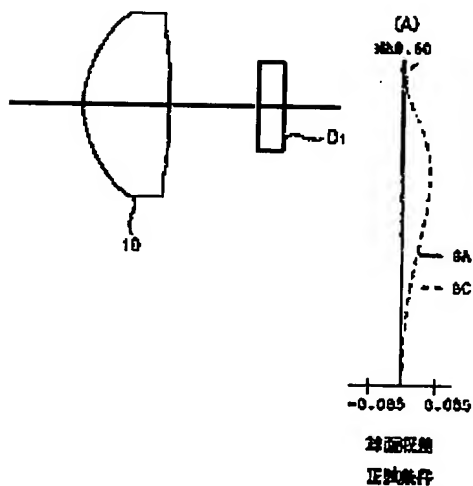
【図16】



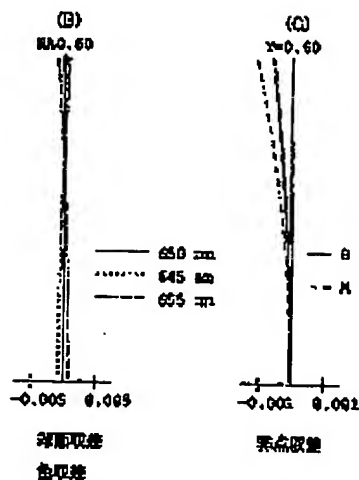
【図18】



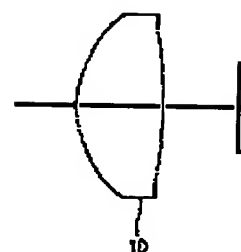
【図19】



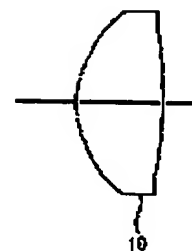
【図20】



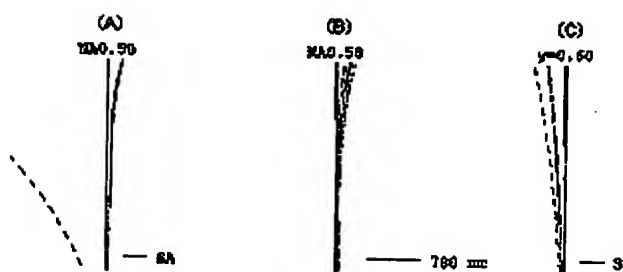
【図21】



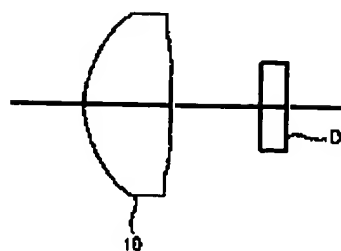
【図2】



【図22】



【図23】

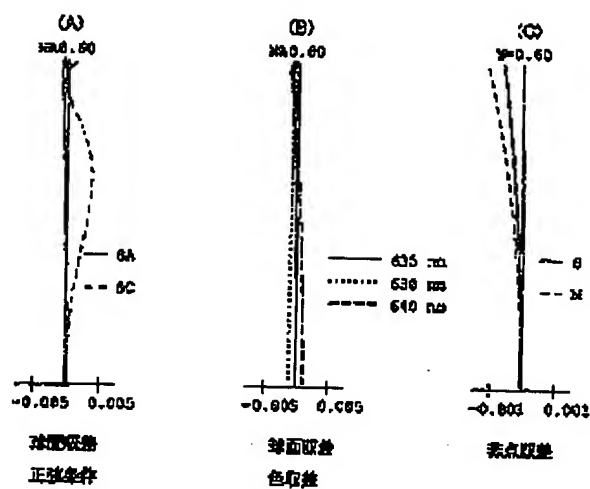




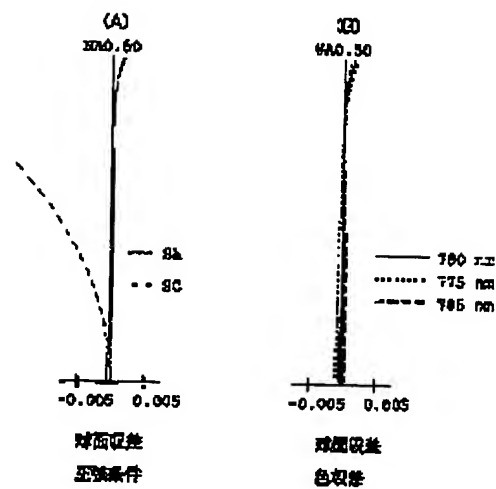
(15)

特開2000

【図24】



【図26】



【図27】

